



## Perbaikan Sifat Pengikatan Semu pada Semen Portland Putih Menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GBBFS)

Gaos Abdul Karim\*, Ike Devinta, dan Dedi Budiadi

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Jalan Sangkuriang No 14 Bandung 40135

\*E-mail: [gaossian@gmail.com](mailto:gaossian@gmail.com)

### Abstract

*Research to overcome the nature of false set in white Portland cement using ground granulated blast furnace slag (GBBFS) was carried out by mixing white Portland cement, which experienced false sets, with GBBFS. The addition of GBBFS to the GBBFS-cement mixture is 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60% and 70%. Whiteness test and false set results show that the addition of GBBFS will reduce the whiteness of the mixture to 80% by 42% of GBBFS, while the addition of 6% of GBBFS will begin to overcome the problem of false set of white-GBBFS cement mixture, but other considerations due to white cement specifications must be considered to keep white cement meeting standard specifications.*

**Keywords:** GBBFS, false set, white portland cement

### Pendahuluan

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) merupakan lembaga litbang yang salah satu kegiatannya melayani pengujian yang diminta oleh pelanggan. Salah satu laboratorium pengujian yang ada adalah laboratorium semen yang melakukan pengujian terhadap kualitas semen Portland putih. Dari beberapa pengujian terhadap semen Portland putih ditemukan hasil-hasil pengujian yang tidak memenuhi persyaratan pada pengujian pengikatan semu (*false set*) semen putih. Pengikatan semu adalah kondisi kekakuan pasta atau mortar semen yang terlalu cepat, terjadi tanpa adanya evolusi panas yang tinggi. Plastisitas dapat diperoleh kembali dengan pengadukan lebih lanjut, dan pengembangan kekuatan selanjutnya tidak terpengaruh secara nyata. Penyebab paling umum terjadinya pengikatan semu ini adalah adanya kalsium sulfat yang terlalu banyak dalam bentuk hemihidrat, yang direhidrasi menghasilkan gipsum (gypsum 'sekunder'). Hal ini disebabkan oleh saling terkaitnya kristal gypsum yang berbentuk tabular dan panjangnya bisa 5-10  $\mu$ m. Jika jumlah gypsum sekunder tidak terlalu besar, ia dapat larut kembali pada pengadukan lebih lanjut, dan reaksi hidrasi kemudian berjalan normal. Dehidrasi gipsum menjadi hemihidrat dapat terjadi selama penggilingan; hemihidrat juga dapat ditambahkan dalam bentuk kalsium sulfat yang lebih reaktif. Kandungan  $K_2O$  (*syngenite*) yang tinggi pada semen dapat mengendapkan kalsium sulfat, sehingga dapat juga terjadi pengikatan semu. (Taylor, 1990)

Penggunaan GBBFS dalam semen portland maupun dalam campuran beton sudah banyak dilakukan. Diantaranya adalah (Akarsh, 2015) yang mempelajari efek GBBFS yang menurunkan *workability* beton. Sedangkan pada beton kelas rendah pertumbuhan kuat tekan memberikan hasil yang baik. (Ashadi dkk., 2015) yang mempelajari pengaruh substitusi slag sebagai agregat kasar pada sifat kuat tekan beton geopolymer berbasis fly ash. Ashadi (2015) menemukan bahwa kuat tekan campuran bergantung pada beberapa factor seperti waktu, suhu dan proporsi campuran. (Lizarazo-Marriaga dkk., 2011) yang mempelajari pengaruh slag besi pada kuat tekan dan mekanisme hidrasi pada pasta GBBFS. Penggunaan GBBFS dalam semen Portland putih, penulis belum menemukan referensi, akan tetapi penggunaan GBBFS dalam beton di Amerika diatur dalam ASTM C989, walaupun dapat juga mengacu kepada ACI (ACI Committee 226, 1987). Sedangkan di Indonesia, spesifikasi GBBFS mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI 6385 2016).

Tujuan penelitian ini adalah mengatasi terjadinya pengikatan semu pada semen Portland putih dengan penambahan *ground granulated blast furnace slag* (GBBFS). Lingkup dari penelitian ini meliputi karakterisasi bahan, pencampuran semen Portland putih dan karakterisasi semen hasil pencampuran, dengan mengamati karakter pengikatan semu, derajat warna putih, dan kandungan kimia.

### Metode Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada akhir tahun 2019 hingga awal tahun 2020. Semen Portland putih yang digunakan berasal dari pasaran, dan GBBFS yang digunakan berasal dari salah satu pabrik pengolahan slag di Banten. Terhadap semen Portland putih dilakukan karakterisasi awal yaitu pengujian kimia dengan metode XRF, pengikatan semu dengan metode SNI 2049:2015, dan semen derajat warna putih dengan metode SNI 0129. Sedangkan terhadap

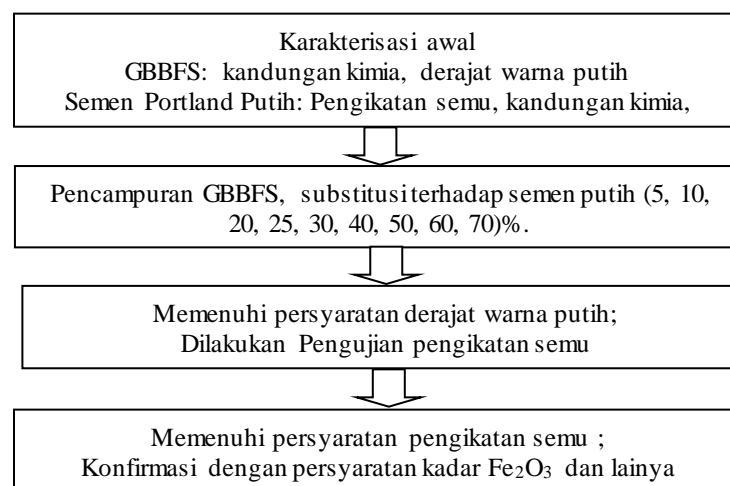


GBBFS dilakukan karakterisasi awal pengujian kimia dan derajat warna putih dengan metode yang sama. Pencampuran dilakukan secara manual dengan komposisi bahan sebagaimana pada Tabel 1 berikut :

**Tabel 1.** Komposisi Campuran GBBFS dan Semen Portland Putih

No	GBBFS (%)	GBBFS (g)	Semen Portland Putih(g)	Total (g)
1.	0%	0	1 000	1 000
2.	5%	50	950	1 000
3.	10%	100	900	1 000
4.	15%	150	850	1 000
5.	20%	200	800	1 000
6.	25%	250	750	1 000
7.	30%	300	700	1 000
8.	40%	400	600	1 000
9.	50%	500	500	1 000
10.	60%	600	400	1 000
11.	70%	700	300	1 000

Dilakukan pengujian derajat warna putih terhadap campuran tersebut, kemudian dari hasil pengujian dipilih yang memenuhi kriteria derajat warna putih untuk diuji pengikatan semu nya. Dari data-data tersebut diambil rentang penambahan GBBFS yang mungkin digunakan untuk perbaikan sifat pengikatan semu semen portland putih. Metode yang dipakai dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Flowchart metode penelitian

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Analisis Batuan Analisis Kimia Semen Portland Putih dan GBBFS.

Analisis terhadap semen Portland putih dan GBBFS memberikan hasil sebagaimana pada table 2 dan table 3 berikut

**Tabel 2.** Hasil analisis kimia Semen Portland Putih dan GBBFS

No.	Uraian Uji Kimia	Semen Portland Putih		GBBFS	
		Hasil	Persyaratan*	Hasil	Persyaratan**
1	Sulfida sulfur, %	-	-	0,06**	2,56
2	Magnesium oksida, %	2,15	Maks 5,0	1,39	
3	Sulfur trioksida, %	2,36	Maks. 3,5	0,90	
4	Besi(III) oksida, %	0,34	Maks. 0,4	0,55	
5	Hilang Pijar, %	2,66	Maks. 5,0	0,10	
6	Bagian tidak Larut, %	0,46	Maks. 3,0	3,95	
7	Alkali sebagai Na <sub>2</sub> O, %	0,19	Maks. 0,6	0,44	

Sumber : \*) SNI 0129:2004 \*\*) SNI 6385:2016

**Tabel 3.** Hasil Analisis Fisika Semen Portland Putih dan GBBFS

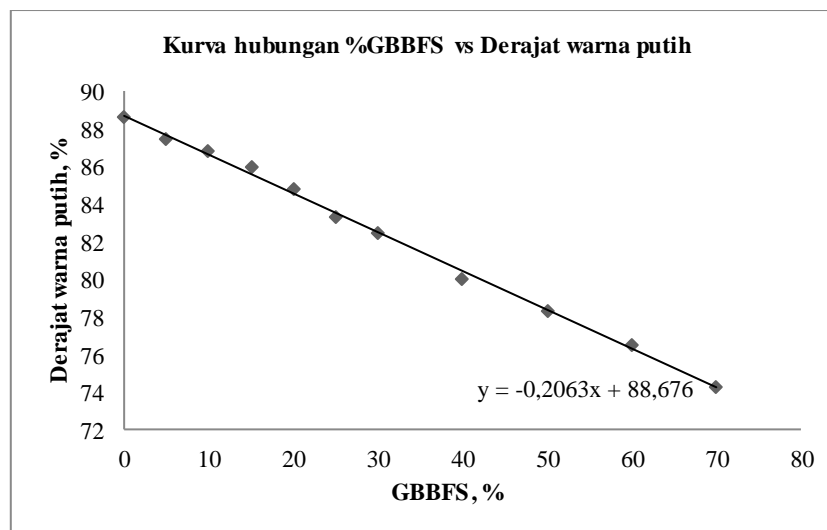
No.	Uraian Uji Fisika	Semen Portland Putih		GBBFS	
		Hasil	Persyaratan*	Hasil	Persyaratan**
1	Kehalusan dengan alat blaine, m <sup>2</sup> /kg	380	Min 280	420	-
2	Waktu pengikatan dengan alat vicat				
	- Pengikatan awal, menit	52	Min. 45		
	- Pengikatan akhir, menit	120	Maks. 375		
3	Kekekalan dengan autoclave				
	- Pemuai, %	0,03	Maks. 0,80		
4	Pengikatan semu				
	- Penetrasi akhir, %	42	Min 50		
5	Derajat warna putih				
	- alat hunter lab, %	-	Min. 90	-	
	- alat kett meter, %	88,6	Min. 80	68,3	
6	Kuat tekan				
	- 3 Hari, kg/cm <sup>2</sup>	277	Min. 180		
	- 7 Hari, kg/cm <sup>2</sup>	377	Min. 250		
	- 28 Hari, kg/cm <sup>2</sup>	509	Min. 350		
7	Strength activity Index	-			Gr 80, 100, 110
	- 7 Hari, %			91	- - -
	- 28 Hari, %			120	Min.70 90 110

Sumber : \*) SNI 0129:2004 \*\*)SNI 6385:2016

Dari data-data pengujian kimia dan fisika terhadap semen portland putih di atas, semen mengalami pengikatan semu (false set), yang mungkin disebabkan oleh terbentuknya gypsum hemihidrat selama penggilingan terak semen. Pengaruh dari alkali sangat kecil, karena itu tidak mungkin menyebabkan pengikatan semu.

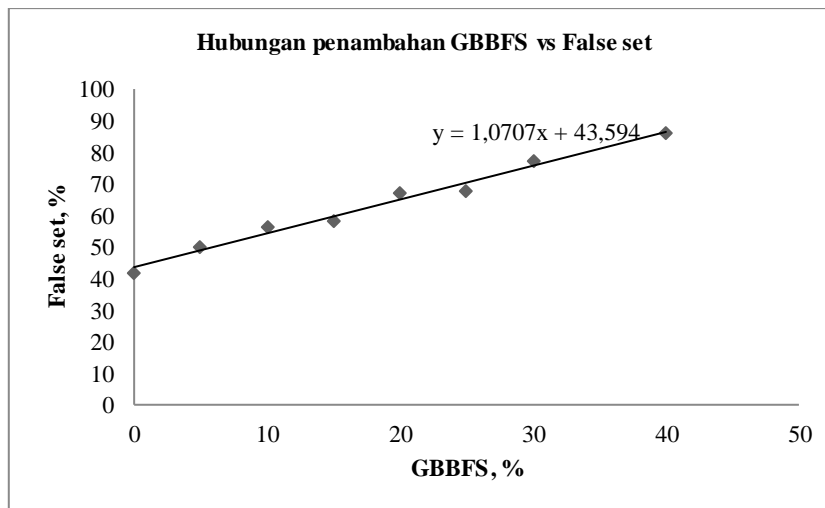
#### Hasil Pengujian Derajat Warna Putih

Berdasarkan kurva pada Gambar 2 berikut, penambahan GBBFS pada semen Portland putih akan menurunkan derajat warna putih secara linier. Hal ini disebabkan karena derajat warna putih GBBFS lebih rendah dari semen Portland putih. Penambahan GBBFS akan mencapai jumlah maksimum 42% ketika derajat warna putih campuran mencapai 80%, yaitu nilai minimal yang disyaratkan. (SNI 15-0129 2004).



**Gambar 2.** Pengaruh penambahan GBBFS terhadap derajat warna putih campuran

## Hasil Pengujian Pengikatan Semu



**Gambar 3.** Pengaruh penambahan GBBFS terhadap pengikatan semu (*false set*)

Dari Gambar 3, persamaan linier  $Y=1,0707x + 43,594$  memberikan korelasi antara jumlah GBBFS dalam campuran dan pengikatan semu; untuk mencapai kondisi supaya tidak terjadi pengikatan semu (*false set*) dari campuran, maka ke dalam campuran total semen portland putih dan GBBFS harus ditambahkan sekitar 6,0% GBBFS untuk menaikkan nilai false set dari 42% (semen portland putih) ke dalam total campuran dengan nilai false set 50%, dan harus menambahkan lebih banyak GBBFS supaya benar-benar tidak terjadi pengikatan semu. Dengan memperhitungkan persyaratan semen Portland putih yang lain, semisal kadar  $Fe_2O_3$  yang dibatasi hingga maksimal 0,4%, maka penambahan GBBFS harus juga memperhitungkan kadar  $Fe_2O_3$  dari masing-masing material. Dalam hal ini kadar  $Fe_2O_3$  dari GBBFS adalah 0,55% dan dari semen Portland putih adalah 0,34%, maka penambahan GBBFS maksimal yang diperbolehkan akan mengikuti persamaan  $0,34X + 0,55Y = 0,40$  sehingga dengan menurunkan persamaan tersebut akan didapatkan nilai Y (persentase) sebesar 28,57%.

## Kesimpulan

GBBFS dapat digunakan untuk menanggulangi masalah pengikatan semu pada semen Portland putih dengan penambahan mulai 6%, dengan mempertimbangkan derajat warna putih penambahan dapat mencapai 42%, tetapi harus dipertimbangkan juga efek penambahan yang lebih banyak terhadap persyaratan/spesifikasi pada standard SNI 15-0129-2004 seperti kadar  $Fe_2O_3$  dan lainnya.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :  
Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) sebagai unit kerja yang menaungi penulis, Produsen GBBFS di cilegon, Wieke Pratiwi atas arahan penulisan, Ike devinta, Dedi Budiadi dan O Sunara atas bantuan pengujian dan penyediaan data.

## Daftar Pustaka

- Akarsh. Effect of using granulated steel slag in concrete mixes as an fine aggregate on compressive strength and workability. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2015; 04 (08): 99–103.
- Ashadi, Wibowo H, Aprilando BA, Astutiningsih S. Effects of steel slag substitution in geopolymer concrete on compressive strength and corrosion rate of steel reinforcement in seawater and an acid rain environment. *International Journal of Technology*. 2015; 6 (2): 227–35.
- Lizarazo-Marriaga J, Claisse P, Ganjian E. Effect of steel slag and portland cement in the rate of hydration and strength of blast furnace slag pastes. *Journal of Materials in Civil Engineering* 2011; 23 (2): 153–60.
- SNI 15-0129. 2004. SNI 15-0129: 2004 Semen Portland Putih. Sni 15:- 1–132.
- SNI 6385. BSN. 2016. Spesifikasi Semen Slag Untuk Digunakan Dalam Beton Dan Mortar.
- Taylor HFW. *Cement Chemistry*. ACADEMIC PRESS. London. 1990.
- ACI Committee 226. Ground granulated blast-furnace slag as a cementitious constituent in concrete. *ACI Materials Journal* 1987; 84 (4): 327–342.



## Lembar Tanya Jawab

**Moderator : Renung Reningtyas (UPN "Veteran" Yogyakarta)**  
**Notulen : Heni Anggorowati (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Renung Reningtyas (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Apa alasan penggunaan GBBFS?  
Jawaban : GBBFS diproduksi salah satunya oleh Krakatau Semen Indonesia yang jumlahnya banyak sekali. GBBFS merupakan limbah pengolahan baja yang diperoleh dari proses *flash furnace*.
2. Penanya : Istihanah Nurul (Balai Batik)  
Pertanyaan : Apa saja kandungan slag yang digunakan? Apakah ada kandungan Zn nya?  
Jawaban : Kandungan Slag (GBBFS) dinyatakan sebagai oksida. yaitu : Magnesium oksida, sulfur trioksida, Besi(III) oksida, Total alkali sebagai  $\text{Na}_2\text{O}$  hilang pada pemijaran dan *insoluble matter*. Zn biasanya ada di dalam slag, tetapi dalam proporsi yang kecil yaitu sekitar 30 ppm